

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002100276  
PUBLICATION DATE : 05-04-02

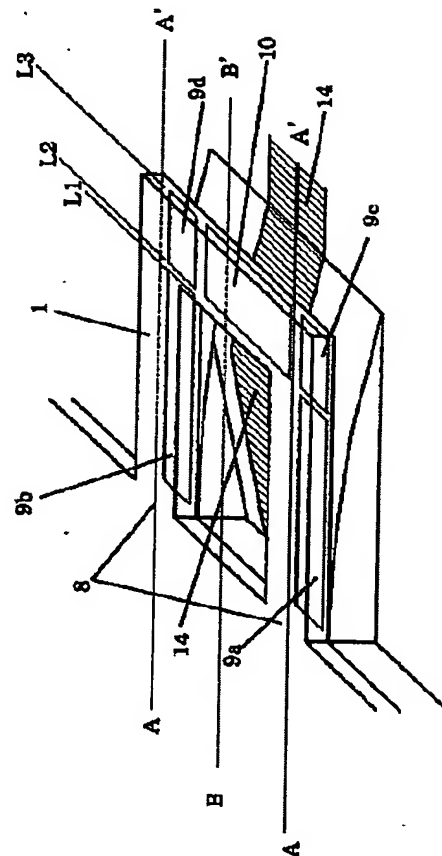
APPLICATION DATE : 20-09-00  
APPLICATION NUMBER : 2000284721

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : YAMAMOTO MASAKI;

INT.CL. : H01H 59/00 B81B 3/00 H01H 35/00  
H01H 37/32 H01H 37/52 H01H 55/00  
H01H 57/00 H01L 41/09 H01L 41/12

TITLE : MICRO MACHINE SWITCH



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small machine type switch and a relay having a contact with high reliability.

SOLUTION: A holding electrode having the same shape as the deflection shape of a beam is provided to keep the beam's deflection shape by an electrostatic force. The contact surfaces of the contacts are made to be contacted each other with a contact angle close to 0 as much as possible for a larger contact area. Since the contact is kept by the electrostatic force of a uniformly distributed load, high quality contacts in which a stiction problem is reduced, with a lower contact resistance can be provided.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(43)公開日 平成14年4月5日(2002.4.5)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データベース*(参考)
H 0 1 H 59/00		H 0 1 H 59/00	5 G 0 4 1
B 8 1 B 3/00		B 8 1 B 3/00	5 G 0 5 3
H 0 1 H 35/00		H 0 1 H 35/00	A
37/32		37/32	C
37/52		37/52	A
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 8 頁) 最終頁に続く			

(71)出願人 000003821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 中村 邦彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 山本 正樹

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 10009/445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

Fターム(参考) 5G041 AA20 BB11 CA02 DA01

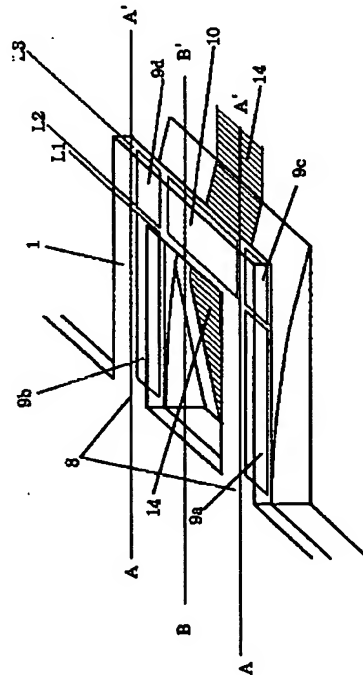
5G055 AA08 AB08 AC01

(54) 【発明の名称】 微小機械スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、信頼性の高い接点を有する小型の機械式スイッチやリレーを提供することを目的とする。

【解決手段】 梁の撓み形状と同等の形状を有する保持電極を設け、静電力により梁の撓み形状を保持する。また、接点の接触面同士を接触角を限りなく0に近づけて接触させ、接触面積を広げるとともに、等分布荷重の静電力により接点を保つため、接触抵抗が低く、またスティクション問題が低減できる高品質の接点を供給することができる。



(2) 002-100276 (P2002-100276A)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 梁を撓ませる力が作用する作用部と、静電力を作用させて梁の撓み形状を保持する梁側保持電極部と、梁が撓むことにより接点として機能する接点部とを備えた梁と、梁側保持電極部に静電力を作用させる基板側保持電極と、梁が撓むことにより前記接点部と接触することによって回路を閉じる回路端子部とを備えた基板からなる梁駆動構造において、回路が閉じた状態の梁側保持電極部の形状と基板側保持電極の形状が同じ形状を有することで両者が密着することを特徴とした微小機械スイッチ。

【請求項2】 回路が閉じた状態において、前記接点部と、前記回路端子部が隙間なく密着することを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチ。

【請求項3】 接点部は梁上の作用部及び梁側保持電極部以外の箇所に設けられ、かつ作用部に作用する力による撓みを受けないことを特徴とした請求項2記載の微小機械スイッチ。

【請求項4】 梁側保持電極部が作用部を兼ね、梁を撓ませる力は基板側保持電極部と梁側保持電極部間の静電力であることを特徴とする請求項1記載の微小機械スイッチ。

【請求項5】 基板側保持電極の形状が、梁側保持電極部に等分布荷重を与えたときの撓み形状と同じ曲面形状を有することで、基板側保持電極と梁側保持電極部が隙間なく密着することを特徴とした請求項4記載の微小機械スイッチ。

【請求項6】 駆動部の駆動手段が圧電体であることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチ。

【請求項7】 駆動部の駆動手段がバイメタルであることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチ。

【請求項8】 駆動部の駆動手段が形状記憶合金であることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチ。

【請求項9】 駆動部の駆動手段が磁歪素子であることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチ。

【請求項10】 駆動部の駆動手段が光歪素子であることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチ。

【請求項11】 駆動部の駆動手段が電歪ポリマであることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、機械式のスイッチやリレーに関し、特に、高密度に集積化された回路内において、小型で信頼性の高い接点を実現する微小機械スイッチに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の微小機械スイッチについて、図7～8を参照して説明する。図7はIEEE MTT-S Digest 1999, pp. 1923-1926に紹介されているマイクロ波スイッチである。シリコン

片持ち梁1の先端下部に絶縁層を介して金の接点部2が設けられ、接点部2に相対する面には、接点部との接触により閉回路を形成する回路端子部3と、接点部2に静電力を与えてシリコン片持ち梁1を撓ませる駆動電極4が設けられている。接点部2と回路端子部3の隙間は10 $\mu$ m以下に設定されおり、駆動電極4に50V以上の電圧を加えることで梁1が撓んで接点部2が回路端子部3に接触し、接点が閉じられる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、接点を閉じるために必要な電圧が50V以上と高いために、専用の昇圧回路を搭載する必要があり、スイッチ素子の小型化を阻害していた。また、マイクロ波は接点における導通がなくても容量性結合や誘導性結合が生じ易く、接点が開いた状態でのアイソレーションを向上させるには、接点部と回路端子部の隙間をさらに広げる必要があるが、静電力は対向電極間の距離の2乗に反比例するために、回路を閉じるためにはさらなる高電圧が必要になるという課題があった。

【0004】また、図8(a)のように接点部の片あたりが生じてしまうため、接触面積を広げて接点抵抗を下げるためには、図8(b)のようにさらなる高電圧をかけて梁を逆方向に撓ませて接点の隙間をなくす必要があった。その際には片あたりしていた近辺のみ接触圧が過大になり、スティクション(stiction)と呼ばれる付着現象が発生し、図8(c)に示すように駆動電圧を除いても梁の撓みが戻らず回路が閉じたままになり制御不能に陥る可能性があった。

【0005】本発明は、このような微小機械スイッチにおいて、簡易な構成で高品質の接点を有する微小機械スイッチを提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するために本発明は、力が与えられて撓んだ梁の梁側保持電極の形状に対して同等の形状を有する基板側保持電極を設けて静電力を作用させることにより、低電圧で梁の撓み形状を保持することを可能とした。また接点部と回路端子部の形状も同一にして両者の接触角度を極力ゼロに近づけることで接触面積を広げるとともに、保持電極による静電力により接点接触圧力を高めて接点抵抗を減少させ、さらに接点圧力を一様に分布させることによりスティクション問題を低減し、品質のよい接点を提供することを可能にした。また、梁に撓みを与える手段を静電力とし、保持電極を駆動電極として併用することにより、低電圧で小型の機械スイッチを提供することを可能にした。

## 【0007】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1に記載の発明は、梁を撓ませる力が作用する作用部と、静電力を作用させて梁の撓み形状を保持する梁側保持電極部と、梁が

(3) 002-100276 (P2002-100276A)

撓むことより接点として機能する接点部とを備えた梁と、梁側保持電極部に静電力を作用させる基板側保持電極と、梁が撓むことにより前記接点部と接触することによって回路を閉じる回路端子部とを備えた基板からなる梁駆動構造において、回路が閉じた状態の梁側保持電極部の形状と基板側保持電極の形状が同じ形状を有することで両者が密着することを特徴とした微小機械スイッチである。

【0008】請求項2に記載の発明は、回路が閉じた状態において、前記接点部と、前記回路端子部が隙間なく密着することを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチである。

【0009】請求項3に記載の発明は、接点部は梁上の作用部及び梁側保持電極部以外の箇所に設けられ、かつ作用部に作用する力による撓みを受けないことを特徴とした請求項2記載の微小機械スイッチである。

【0010】請求項4に記載の発明は、梁側保持電極部が作用部を兼ね、梁を撓ませる力は基板側保持電極部と梁側保持電極部間の静電力であることを特徴とする請求項1記載の微小機械スイッチである。

【0011】請求項5に記載の発明は、基板側保持電極の形状が、梁側保持電極部に等分布荷重を与えたときの撓み形状と同じ曲面形状を有することで、基板側保持電極と梁側保持電極部が隙間なく密着することを特徴とした請求項4記載の微小機械スイッチである。

【0012】請求項6に記載の発明は、駆動部の駆動手段が圧電体であることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチである。

【0013】請求項7に記載の発明は、駆動部の駆動手段がバイメタルであることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチである。

【0014】請求項8に記載の発明は、駆動部の駆動手段が形状記憶合金であることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチである。

【0015】請求項9に記載の発明は、駆動部の駆動手段が磁歪素子であることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチである。

【0016】請求項10に記載の発明は、駆動部の駆動手段が光歪素子であることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチである。

【0017】請求項11に記載の発明は、駆動部の駆動手段が電歪ポリマであることを特徴とした請求項1記載の微小機械スイッチである。

【0018】以下、本発明の実施の形態について、図1から図6を用いて説明する。

【0019】(実施の形態1) 図1は、本発明の実施の形態における微小機械スイッチの概要を示す斜視図である。梁1はコの字型の梁であり、端点が固定部8にて支持されている。梁1の材料は絶縁材料であるか、または導電体材料の下面に絶縁膜を形成したものである。

【0020】梁1の下面には、固定部8からの距離で0～L1までの間に静電力により梁の駆動と保持を行う梁側電極9a、9bが設けられている。また距離L2～L3の間には静電力により梁の保持を行う梁側電極9c、9dが設けられている。また梁側電極9c、9dに挟まれる位置に接点電極10が設けられている。

【0021】梁1の下に配し、固定部8を介して梁1を支える絶縁体からなる基板11について、図1におけるA-A'断面図である図2、およびB-B'断面図である図3を用いて説明する。

【0022】図2において基板11上には梁の固定部8からの距離で0～L1までは、梁側電極9a、9bに静電力を作用させて梁の駆動と保持を行う基板側電極12a、12bが設けられ、その表面は絶縁膜13により覆われている。距離L2～L3の間は、梁側電極9c、9dに静電力を作用させて梁の保持を行う基板側電極12c、12dが設けられ、その表面は絶縁膜13により覆われている。

【0023】図3において、基板11の上には信号線14が設けられ、梁の固定部8からの距離L2～L3に対応する箇所により回路端子部15を形成しており、梁1の接点電極10とともに接点を構成する。基板11の形状はL2～L3の区間では、図2における基板側電極12c、12dを有する面と同一面であり、信号線14の厚みは、図2の絶縁膜13の厚みと等しいか若干厚めに作られている。

【0024】以上の構成によると、梁1を撓ませる静電力は梁1そのものにかかるため、従来例の図7のように梁の先端に静電力を作用させる部位を設ける必要がないので小型化が図れる。

【0025】また基板側電極12a、12bの面は0～L1までは曲面になっている。通常、梁に静電力を加えて撓ませる場合は、図4のように電圧を加えていくとブルーイン電圧 $V_{pi}$ までは梁のばね力と静電力がつりあった状態で梁の先端は徐々に変位していくが、 $V_{pi}$ で梁は急激に静電力に引っ張られ最大変位近くまでに変位し、梁は対向電極に接触する。例えば図1、図2において、梁をシリコンとして梁のヤング率を150GPa、梁の幅 $h$ を40 $\mu$ m、梁の厚み $t$ を2.5 $\mu$ m、L1を400 $\mu$ m、絶縁膜13の厚み $d$ を0.3 $\mu$ m、比誘電率を1、L1における隙間 $\delta_{max}$ を6 $\mu$ m、とする。

【0026】

【数1】

$$s(x) = \delta_{\max} \left( \frac{x}{L_1} \right)^n$$

【0027】0～L1の区間の絶縁膜13表面の形状を図2のようなx-y座標で(数1)で表したとき、 $n=0$ 、すなわち、絶縁膜13表面は平らで梁と平行に構

(4) 002-100276 (P2002-100276A)

え、基板側電極12a、12bと梁側電極9a、9bとの間に電圧を加えていったときの $V_{pi}$ は110Vであるのに対して、 $n=2$ 、すなわち絶縁膜13表面を曲面形状にすると $V_{pi}$ は30Vとなり、さらに $n=4$ 近くまで次数をあげると $V_{pi}$ は10V以下となり低電圧で梁を撓ませることが可能となる。

【0028】

【数2】

$$w(x) = \frac{1}{24} \frac{F}{EI} x^2 (6L_1 - 4L_1 x + x^2)$$

$$0 \leq x \leq L_1$$

【0029】梁1の固定部8からの距離0～ $L_1$ の範囲に等分布荷重Fが加わったときの梁の撓み量 $w$ は、梁のヤング率を $E$ 、断面二次モーメントを $I$ とし、同じ $x$ - $y$ 座標を用いると(数2)であらわされる。なお、 $x > L_1$ では梁の撓みは発生しない。0～ $L_1$ までの間は梁の撓み形状 $w(x)$ とほぼ同等の形状を梁側電極12a、12b上の絶縁膜13表面が有するようにすれば、両者を密着させることができる。例えば絶縁膜13の表面形状 $s(x)$ が $x=0 \sim L_1$ の間において、 $V_{pi}$ を10V以下まで低減できる $n=4$ における(数1)の形状であれば、ほぼ梁の $w(x)$ の形状を近似的に表現できることが可能であるため絶縁膜13と梁1とを密着させることができる。このときの等分布荷重は単位面積あたりの静電力 $F$ であり、 $F$ は $\epsilon_r$ を絶縁膜13の比誘電率として(数3)で与えられる。

【0030】

【数3】

$$F = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r V^2}{2d^2}$$

【0031】密着以後は電圧をあげても梁の変位はないが上式に従って接触圧は様に上昇することになる。従って、0～ $L_1$ 間の梁と基板の接触圧には大きな偏りがないため、スティクションの問題も低減できる。

【0032】 $L_1$ より先の基板形状を平面とし、かつ $L_1$ にて0～ $L_1$ の曲面と連続とすれば、基板側電極12a、12bと梁側電極9a、9bとの間に電圧を加えて0～ $L_1$ を密着させたとき、 $L_1 \sim L_3$ においても梁と基板表面はゆるやかに接触している。接点電極10と回路端子部15の接触を安定させるために、さらに基板側電極12c、12dと梁側電極9c、9dとの間に電圧を印加して静電力を作用させることで、接点電極10の回路端子部15との接触面は均一な接触圧で接触し、接触抵抗は低減され、かつスティクション問題も低減される。このときの図1のA-A'断面図を図5に示す。

【0033】なお、基板11の曲面形状は、例えば基板材料としてポリイミドなどの有機材料を用いる場合は、

ハーフトーンマスクを用いたエキシマレーザ加工により形成が可能である。または基板平面の位置によってエキシマレーザの照射時間を調節することで同様な曲面形状の生成が可能である。

【0034】基板材料として感光性有機材料を用いる場合は、基板平面の位置によって露光時間を制御することで曲面形状の生成が可能である。

【0035】また酸化シリコン膜などの絶縁体をスパッタリングにより堆積する場合は、基板平面の位置によって堆積時間が調節できるようにマスクの開口部を制御することで曲面形状の生成が可能である。

【0036】また絶縁膜13として、例えばチタン酸ストロンチウム( $SrTiO_3$ )のように比誘電率が高い材料を用いれば、より低電圧で梁の駆動と保持が可能であることは言うまでもない。

【0037】(実施の形態2)図6は本発明の実施の形態2における微小機械スイッチの概要を示す断面図であり、実施の形態1の説明図である図2において、梁1の固定部8からの距離0～ $L_1$ の間に撓みを与える手段を圧電薄膜16としたときの微小機械スイッチの断面を表した図である。

【0038】圧電薄膜16の材料としては $ZnO$ やPZTなどが利用でき、とくにI.Kanno, et al., "Piezoelectric properties of c-axis oriented  $Pb(Zr, Ti)O_3$  thin films", Appl. Phys. Lett., 70(11), pp. 1378-1380, 1997. に示されるPZT薄膜は $d$ 定数がバルク材料なりに高く、本微小機械スイッチには最適である。

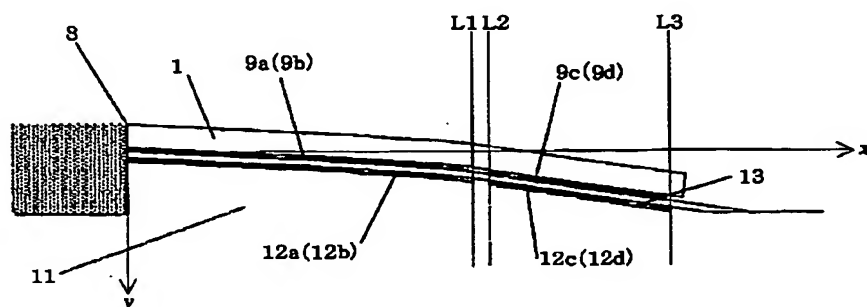
【0039】また、バルク材料に対するメリットとして圧電薄膜16は厚みが薄いことにより電界強度を高めることができ、印加電圧を下げられることがあげられる。

【0040】さて、圧電薄膜16に電圧を印加することにより、圧電薄膜16が梁の長手方向に伸張し、梁1はそのひずみを吸収するように絶縁膜13側に変形する。この結果、梁側電極9c、9dと基板側電極12c、12dは接近あるいは絶縁膜13を介して部分的に接触状態となる。さらに梁側電極9c、9dと基板側電極12c、12dの間に静電吸着力が働くような電圧を付加することにより、両者の密着をさらに高めることができる。

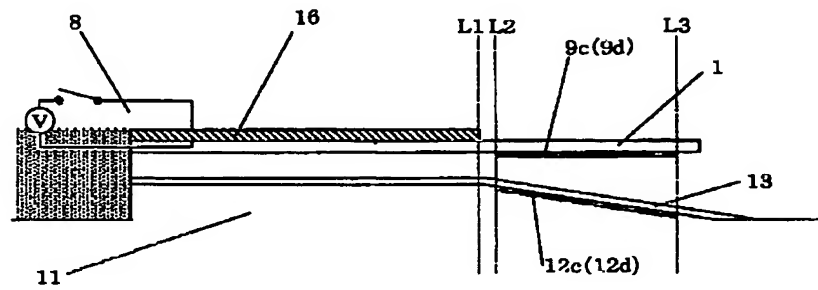
【0041】ここで注目すべきことは、圧電薄膜16の働きにより梁1が変形する前の状態で、梁側電極9c、9dと基板側電極12c、12dを静電力で密着させるのに必要な電圧に比較して、圧電薄膜16の変形を併用したときの電圧ははるかに小さくできることである。このことは、圧電薄膜16の駆動電圧が低いこととあいまって、本微小機械スイッチの駆動電圧を低くする効果があり、本微小機械スイッチのモバイル機器への適用に好



【図2】



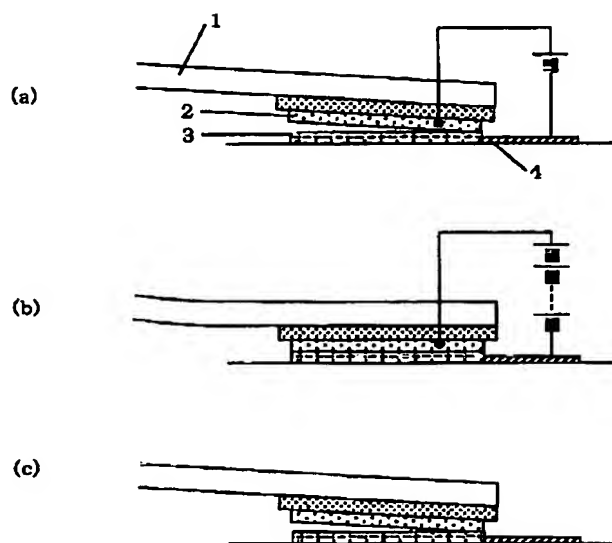
【図6】





(8) 002-100276 (P2002-100276A)

【図8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	(参考)
H 0 1 H 55/00		H 0 1 H 55/00	
57/00		57/00	D
H 0 1 L 41/09		H 0 1 L 41/12	A
41/12		41/08	U

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINE(S) OR MARK(S) ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**